

## LES MACHINES PENSENT-ELLES ?

par M. Roland GROSSMANN, membre correspondant

Affirmer qu'une machine pense paraît incongru<sup>(1)</sup>. Or des ouvrages sérieux consacrés aux ordinateurs présentent des titres du genre "Les machines à penser"<sup>(2)</sup>, "L'intelligence artificielle"<sup>(3)</sup>, "L'esprit dans la machine"<sup>(4)</sup>, "Matière à penser"<sup>(5)</sup>, ... Existe-t-il une intelligence artificielle, et si oui, en quoi diffère-t-elle de la pensée humaine ?

### Observons un ordinateur :

- le clavier ressemble à une machine à écrire et sert à entrer des instructions ;
- l'unité centrale dispose d'un moteur actionnant un lecteur de disques et des processus d'échange ;
- le moniteur ressemble à un téléviseur où s'inscriraient toutes sortes de résultats ;
- des circuits relient entre eux ces éléments.

Or on n'a jamais déclaré qu'une machine à écrire, un lecteur de disques, un poste de télévision ou un fil électrique étaient capables de penser. Mettons notre ordinateur en marche. Lançons un tableur et inscrivons dans 200 cases divers grands nombres. Sélectionnons les et inscrivons dans une autre case une formule : en moins d'une seconde nous obtenons le résultat d'un calcul complexe<sup>(6)</sup>. Lançons maintenant un traitement de texte. Copions un texte et insérons un mot à une place quelconque : tous les signes en aval se décalent instantanément vers la droite. Supprimons une phrase : tous les signes en aval se décalent vers la gauche. On imagine la joie d'un rédacteur qui efface, déplace et insère des passages à volonté !<sup>(7)</sup>

Pourquoi dans ces conditions les auteurs de romans de science fiction décrivent-ils des catastrophes où des robots échappent au

## LES MACHINES PENSENT-ELLES ?

contrôle des humains ? Le mot "ordinateur"<sup>(8)</sup> vient du verbe "ordonner" qui signifie d'abord "commander". Pressentent-ils un pouvoir qui contesterait aux hommes leur domination sur la nature ? Cela justifie une démythification visant à expliquer ce que les ordinateurs font et ce qu'ils ne feront sans doute jamais. Après un historique, nous montrerons comment les ordinateurs fonctionnent, quelle limite on peut assigner à leurs progrès et quel langage ils utilisent. Nous répondrons ensuite à la question de savoir s'ils pensent ou sont intelligents.

### **Quatre nouveautés parmi plus de cent inventions ont contribué à la naissance de l'ordinateur.**

1. "Ordonner" signifie aussi "ranger" : ordonner des cailloux sur le sol, des signes sur un rouleau, manipuler des objets culturels, c'est utiliser un support extérieur à l'homme, pour aider sa mémoire, faciliter sa pensée<sup>(9)</sup> et la communication de celle-ci aux autres. Toutes ces "traces" sont les ancêtres du disque ou du moniteur, pièces indispensables de l'ordinateur. Car aujourd'hui on stocke des impulsions électriques sur des supports magnétiques, optiques ou autres<sup>(10)</sup>. **L'emploi de supports matériels pour penser est une première étape significative.**

2. La technologie avec ses mécanismes aide le travail intellectuel quand on emploie des machines à calculer. La pascaline<sup>(11)</sup>, au moyen d'engrenages, effectuait des additions avec des reports, passant des unités aux dizaines, des dizaines aux centaines et ainsi de suite. Au XVIII<sup>e</sup> siècle<sup>(12)</sup> Vaucanson construit un canard qui bat des ailes, mange des graines et les digère ! Il projette même de construire un "homme artificiel". **La mécanisation du calcul est un second moment marquant.**

3. **Mais le calcul arithmétique a été étendu au calcul logique.** Le philosophe Hobbes affirme déjà : "*Par pensée, j'entends calcul*", prophétisant vers 1650 la naissance de l'intelligence artificielle<sup>(13)</sup>. Babbage vers 1833 eut l'idée d'une machine qui devait mettre en œuvre des suites d'opérations avec des branchements conditionnels : de chaque nœud partait un double chemin de la forme "si..., alors" : si tel attribut est présent, alors je prends telle voie ; dans le cas contraire, je prends l'autre voie<sup>(14)</sup>. Turing présenta en 1936 l'ancêtre immédiat de l'ordinateur. Il a distingué le programme ou logiciel (en anglais "software") du reste de la machine, le matériel, en dur, qui constitue le "hardware". Son modèle se composait à l'entrée d'une bande sans fin sur laquelle étaient inscrits des symboles. Un dispositif

## LES MACHINES PENSENT-ELLES ?

les transformait en d'autres signes apparaissant à la sortie. Depuis lors les programmes utilisent l'algèbre de Boole<sup>(15)</sup>. Au début on manipulait des fiches avec des broches. Chaque fiche correspondait à un individu dans le langage statistique. Un trou percé à un endroit précis signalait chaque attribut que cet individu possédait. La manipulation effectuait toutes les opérations logiques : intersection, union, négation, etc.. Lors des premières enquêtes effectuées pour la télévision, les fiches défilaient à toute allure avant l'annonce des résultats. Les déplacements s'effectuaient au moyen de mécanismes physiques, **mais on était entré dans l'ère de la logique binaire : chaque individu a ou n'a pas tel attribut bien défini. C'est le troisième moment important.**

4. Von Neumann, vers 1946, créa les premières machines opérationnelles. Ce dernier a amélioré les **accès à la mémoire** : l'accès **relatif** permet de suivre pas à pas une liste d'instructions en avançant, ou en reculant d'un nombre de pas spécifié ; l'accès **absolu** utilise des adresses facilitant les retours à un lieu déterminé. Depuis lors on améliore sans cesse les programmes et le matériel. Mais avec la puce électronique<sup>(16)</sup>, la percée technologique est immense, car en une seconde on fait ou ne fait pas passer le courant plusieurs millions de fois<sup>(17)</sup>. Pour rendre compte des calculs arithmétiques ou logiques, voire du langage écrit, il suffit d'un codage correct. Le support se réduit à des assemblages de boîtes comprenant les microprocesseurs reliés par des circuits. Pour le profane, l'apparence des choses n'est plus qu'un jeu de "mécano". **Ainsi l'invention du microprocesseur est le quatrième moment décisif.**

### Comment fonctionne un ordinateur ?

Il n'y a pas de différence de principe entre la machine à calculer de Pascal et les gros calculateurs modernes. Des circuits remplacent les engrenages et la machine effectue des calculs compliqués au lieu de calculs simples. Mais, **vers 1945, chaque fois que la nature des calculs changeait, il fallait changer les circuits. Le passage du calcul analogique au calcul numérique avec des unités discrètes a permis d'utiliser la même machine pour des opérations diverses.** Von Neumann opère une révolution en distinguant des unités fonctionnelles : la mémoire, l'unité de calcul logique, l'unité de calcul arithmétique, et, chose essentielle, **l'unité de commandement**. Comparons l'ordinateur à un jeu d'échecs. Nous avons :

- un ensemble de **données** : les pièces dans leur configuration initiale ;

## LES MACHINES PENSENT-ELLES ?

- un ensemble de **règles** : les déplacements autorisés pour chaque catégorie de pièces ;
- un moteur permettant d'appliquer les règles aux données : c'est la main du joueur ou le moteur de l'ordinateur qui effectue chaque coup.

Mais dans le jeu d'échecs les règles de déplacement d'une pièce s'appliquent au résultat d'un premier déplacement. Aussi énonçons-nous deux autres principes :

- on peut toujours ajouter des données <sup>(18)</sup>,
- on peut toujours ajouter des règles.

Ainsi, comme dans un jeu d'échecs, l'état du système passe par une suite de configurations déterminées. Nous sommes en présence d'un formalisme. Examinons ses rapports avec la réalité <sup>(19)</sup>. Il se caractérise par trois propriétés : son caractère numérique, son indépendance par rapport au support matériel et ses processus récursifs.

1) **Un système formel manipule des "marques"**. Le mot "manipulation" évoque une procédure physique qui peut se répéter. Une "marque" suppose un constat de présence ou d'absence ne laissant place à aucune liberté d'interprétation : elle s'impose à tous. Au jeu d'échecs les pions ne sont pas toujours placés exactement aux mêmes places sur les cases. Cependant ils constituent des "marques" que l'on manipule "en les repositionnant, en les modifiant, en ajoutant de nouvelles marques et en éliminant certaines marques" <sup>(20)</sup>. Dans le monde réel il y a toujours des variations : un ballon ne passe pas deux fois de la même façon dans le panier. Pourtant au basket-ball un panier est un panier. On écrit de diverses façons la lettre A, mais un A est un A, du moment qu'il est clairement identifiable.

Les systèmes formels ont la particularité d'être **numériques**. Le mot "digital" utilisé par les informaticiens rappelle les doigts, support privilégié des nombres : un système "digital" s'exprime au moyen d'unités discrètes ; **c'est un ensemble de techniques positives et fiables permettant de produire et de reconnaître des marques**. Une technique **positive** réussit de façon absolue : ainsi le tir au panier au basket-ball est une méthode positive pour faire passer la balle à travers le panier, puisqu'il peut être réussi sans restriction. L'approche du but dans un jeu de boule n'est pas une méthode **fiable** si l'on en juge par certaines palabres pour savoir qui a marqué le point. L'alphabet est discret, tandis que les couleurs ne le sont pas, car on passe insensiblement d'une couleur à une autre. **Ainsi le système est composé de marques qui sont des nombres**.

## LES MACHINES PENSENT-ELLES ?

2) Les systèmes numériques, parce que de nature discrète, rendent la complexité pratique et fiable. En effet ils ont la propriété d'être indépendants du support matériel. Si l'on triple la taille d'un ballon de football, le jeu change de nature. Aux jeux d'échecs les pièces peuvent être en bois, en ivoire, en métal, petites ou grandes, elles peuvent être représentées par des signes conventionnels sur du papier ou sur un écran. Les échecs électroniques sont encore des échecs ! C'est parce que l'alphabet est fait d'unités discrètes que la copie exacte de séquences de caractères est possible. **Deux systèmes formels sont équivalents quand, sous des apparences différentes, ils ont la même structure.** Si par exemple on réimprime un texte en changeant la police de caractères, on a toujours le même texte : pourtant sa matérialité a changé et il se présente différemment à l'œil ! **Ainsi l'indépendance par rapport au support matériel est une caractéristique essentielle du système.**

3) La complexité des systèmes formels est-elle limitée ? Un ordinateur ressemble à un joueur disposant d'un nombre fini d'opérations permises, qu'il peut exécuter n'importe quel nombre fini de fois de façon positive et fiable. Il exécute des opérations machinales qui, telles des recettes infaillibles appliquées pas à pas, tôt ou tard, aboutissent à un résultat prédéfini. Si je possède un trousseau de clefs dont l'une ouvre une serrure, les essayer toutes l'une après l'autre est un algorithme d'ouverture de la serrure. On finit par ouvrir la porte (quel que soit le nombre de clefs) ! Des joueurs peuvent suivre n'importe quelle liste d'instructions à branchements, dans la mesure où les questions oui/non sont suffisamment simples<sup>(21)</sup>. **Dans un jeu formel, les procédures permettant de déterminer si un coup est régulier doivent nécessairement être bornées, c'est-à-dire aboutir à un résultat positif ou négatif<sup>(22)</sup>.** On est en présence de processus cycliques dits récurifs : ceux-ci se répètent, mais ne sauraient se prolonger indéfiniment.

### **L'ordinateur est-il un moyen de connaître le monde ou d'agir sur lui ?**

La pensée est inséparable du langage. Or les codes, comme les langages naturels, sont des moyens de connaître le monde et d'agir sur les hommes. Les programmes sont en quelque sorte du prêt-à-penser ou à exécuter. Examinons successivement ces deux points.

. On parle abusivement de langages informatiques. Il s'agit plutôt de codes. Ceux-ci sont constitués de systèmes formels de plus en plus ramassés, inventés progressivement, mais liés entre eux de façon univoque. Nous en distinguons cinq :

## LES MACHINES PENSENT-ELLES ?

1) Au premier niveau on décrit ce qui se passe dans un ordinateur en termes d'impulsions électriques traversant un réseau complexe de composants électriques : le courant passe ou ne passe pas ! **C'est la machine physique.**

2) Mais ces impulsions sont des symboles ! Le code binaire est le **langage fondamental** de l'ordinateur. Son support matériel permet une transmission ultra-rapide des informations. Cependant ce code a l'inconvénient d'être long à employer : en effet les signes utilisés dans les langues écrites, sont codés en suites de signes binaires<sup>(23)</sup>. **C'est la machine logique**, ce que Von Neumann appelait le code complet. **Toute l'astuce des informaticiens sera de concevoir des raccourcis.**

3) L'écriture avec ces signes étant fastidieuse, on a inventé un langage alphanumérique appelé **assembleur** : à chaque bit – rappelons qu'il y a 8 bits dans un octet – correspond un assemblage de deux signes, chacun composé d'une lettre ou d'un chiffre. **C'est ce que l'on pourrait appeler la machine abstraite.**

4) Ce langage étant lui-même fastidieux à utiliser, on a créé à partir de lui toutes sortes de codes permettant de donner des ordres à la machine à condition de respecter certaines règles de syntaxe : on connaît le basic, le plus connu des débutants, le pascal, utilisé par les scientifiques, le fortran, réservé aux comptables, etc.. **Ce sont les langages évolués ou compilateurs.**

5) Ainsi on passe insensiblement du code le plus proche du support matériel<sup>(24)</sup>, aux codes les plus proches des langages naturels<sup>(25)</sup>. On met au point des codes toujours plus faciles à utiliser, plus conviviaux. Mais l'utilisateur doit dans tous les cas donner un **sens** aux symboles qu'il code ou décode dans tel ou tel langage de la machine : *c'est lui le véritable interpréteur* de ce qu'il écrit ou lit. **Pour cela il doit représenter schématiquement les faits qu'il veut décrire et en faire une "paraphrase réglée".**

Ces codes présentent trois caractéristiques : ce sont des langages artificiels dont le support matériel ne compte pas et qui nécessitent une interprétation.

La puissance des codes va de pair avec leur caractère artificiel. A l'un des bouts de la chaîne, les supports matériels peuvent varier avec le temps sans que la fiabilité des codes soit mise en cause. A l'autre bout on utilise le langage humain. Dans ce dernier, on distingue aussi des unités discrètes et des règles. Mais ces éléments se transforment avec le temps. Cela explique à la fois le manque de rigueur des langages naturels et leur aspect perpétuellement créatif. Passant

## LES MACHINES PENSENT-ELLES ?

nécessairement par ces derniers on n'échappe pas à la subjectivité de l'interprétation. **Cependant les codes informatiques, quoique artificiels, sont efficaces.**

L'ordinateur en tant que matériel peut avoir des pannes, Un système formel bien conçu n'en a pas. L'état des puces de silicium peut différer légèrement, mais l'aspect réel du code numérique est estompé ; **seul compte l'aspect formel**, le fait de savoir si le courant passe ou ne passe pas. **Ainsi le support matériel importe peu.**

Passant de façon conventionnelle et par codages successifs d'un niveau au niveau supérieur, tous les codes sont inscrits dans le code matériel : il y a bien manipulation de "marques". Si maintenant on compare les niveaux deux à deux, on peut dire que passer au niveau inférieur, c'est écrire, et passer au niveau supérieur, lire. Mais ces vocables diffèrent de leur sens courant :

\* **écrire**, ce n'est pas tracer des lettres au stylo, mais effectuer une manipulation de marques qui change une configuration formelle.

\* **lire** ne nécessite aucune compréhension, mais seulement une capacité à distinguer des marques et leur configuration.

Ainsi l'activité de lecture ou d'écriture est spécifique : que représentent les résultats d'une manipulation formelle ? Pour un joueur, le but de la partie est de gagner. Aux échecs la fin de la partie est atteinte quand un des joueurs a gagné ou quand on ne peut départager les joueurs. Or cette expression se traduit dans le langage formel par un ensemble de configurations où un roi, en échec, est dans l'incapacité de supprimer, au coup suivant, la cause de cet échec, soit par une prise de pièce, soit par un déplacement. Ainsi **finir une partie s'interprète de deux façons, l'une par rapport aux configurations des pièces, l'autre par rapport au joueur qui gagne.** De même les systèmes informatiques peuvent se lire de deux façons. Aussi peut-on se demander à quoi correspond dans la réalité le traitement effectué par un ordinateur. Car le rêve des informaticiens est de remplacer les processus naturels par des procédures informatiques contrôlables.

**En résumé** l'ordinateur se présente comme un "système formel interprété" : le jeu d'échecs n'est qu'un jeu<sup>(26)</sup>. En respectant les règles, nous raisonnons parfaitement, mais **les transformations effectuées sur les données sont-elles conformes aux changements dans la réalité ?** L'activité informatique n'est pas un jeu gratuit, mais elle a un rapport avec le réel. Elle constitue une **simulation** que l'on confronte aux faits par des représentations conventionnelles et des interprétations correctes. Mais le

## LES MACHINES PENSENT-ELLES ?

calcul numérique diffère du calcul analogique. Qu'advient-il si un grain de sable dans la réalité vient contrarier les prédictions de la machine<sup>(27)</sup> ? Or aujourd'hui on a une telle confiance dans les calculs des ordinateurs que l'on se contente de simuler certaines expériences difficiles à monter. La confrontation des résultats avec le réel apparaît presque superflue. On oublie qu'un modèle est du domaine de la théorie et que seules les vérifications peuvent laisser la théorie indemne.

On comprend pourquoi on a donné la définition suivante de l'ordinateur : **"Un ordinateur est un système formel automatique interprété"**<sup>(28)</sup>. Le fait que les suites de 0 et de 1 jouent des rôles différents pose déjà des problèmes d'interprétation : certaines suites représentent des nombres, d'autres des opérations sur les nombres, d'autres des assemblages de lettres, d'autres des règles d'assemblages, etc... Si j'opère sur des nombres et si j'ajoute des 0 ou des 1 à un nombre, j'obtiens un autre nombre. Mais qu'en est-il si j'opère sur des textes ? En ajoutant des 0 ou des 1, je n'obtiens vraisemblablement pas un autre texte. Dans le passage d'un niveau à un autre, je dois respecter les règles de compatibilité<sup>(29)</sup>. **Peut-on dire que le sens est lié à la suite déterminée des 0 et des 1 ? Ne tient-il pas plutôt aux conventions appliquées lors des codages ?**

Si l'on compare maintenant les codes aux langages naturels, la rigueur formelle des premiers s'oppose à la sensibilité au contexte des seconds. On n'a pas assez montré "que l'approche de l'infini que propose Hilbert est celle qui est mise en jeu dans un ordinateur"<sup>(30)</sup>. Avec l'ordinateur on ne sort pas des mathématiques ou de la logique<sup>(31)</sup>, ni du monde fini des contraintes matérielles et technologiques ; mais on peut grâce à lui, accomplir une infinité de tâches : l'homme, s'il respecte les règles des programmes et connaît les limites de la machine, peut augmenter son intelligence du monde et son pouvoir, de façon inquiétante. Cependant les logiciels peuvent se comparer à du prêt-à-porter : ce sont des "moules à penser" que chacun doit adapter à son usage personnel en trouvant son style propre. Car le système doit être confronté au réel. Or les langages conventionnels rendent compte imparfaitement de la complexité des langages naturels. Lorsque je demande un billet pour Paris, mon interlocuteur suppose que je prends le train, que je désire un billet simple, un billet de seconde classe, un billet Metz-Paris, etc... Une phrase prononcée dans la vie courante n'est comprise que si on la réfère à son contexte. Où se trouve-t-on ? Qu'a-t-on dit précédemment ? De quoi parle-t-on ? Sans oublier nos habitudes de pensée, la situation de communication, etc... Traduire une phrase dans un code informatique demande l'élucidation de ce qu'elle contient d'implicite. Il y a perte d'information quand on passe d'une phrase du langage courant à un langage formel. Aussi la rigueur n'est obtenue qu'au prix d'une limitation de l'ensemble de référence. L'informatique renvoie aux mathématiques plus qu'à la réalité comprise par le sens commun<sup>(32)</sup>. Saussure nous a rendus attentifs au caractère

## LES MACHINES PENSENT-ELLES ?

arbitraire des signes qui comportent un signifiant et un signifié. Lorsque, dans l'apocalypse de Jean, il est question des 144 000 marqués du sceau, l'expression ne signifie pas un nombre exact d'élus, mais une totalité, un très grand nombre d'élus. **Si le signifiant en tant que forme peut être manipulé, son signifié varie avec les cultures d'une façon plus ou moins arbitraire.**

Enfin n'oublions pas que les codes sont surtout au service de l'action. Les langages ont d'abord un aspect pratique. Ils sont un moyen d'agir sur les choses ou de communiquer ; ils permettent accessoirement de comprendre le monde. Cela est aussi vrai des codes informatiques. **Ceux-ci sont conçus pour simplifier le travail des hommes.** Les langages systèmes<sup>(33)</sup> facilitent les opérations sur le disque, les utilitaires<sup>(34)</sup> – le mot évoque bien ce qu'il veut dire – et les logiciels<sup>(35)</sup> sont en définitive au service des projets personnels des usagers. Ainsi l'ordinateur augmente à la fois nos savoirs et nos savoir-faire :

- il permet de faire correspondre des signes aux phénomènes naturels,
- il étend les possibilités de représenter des mondes complexes,
- il augmente la capacité opératoire de manipulation symbolique<sup>(36)</sup>.

**Aussi est-il au service de l'action plus que de la connaissance.**

### En quel sens les ordinateurs pensent-ils ?

Jouer aux échecs, traduire un texte dans une langue étrangère sont des activités pensantes éminemment complexes. Cependant certains ne désespèrent pas de les formaliser : qui peut prétendre que si on dépensait la somme d'argent utilisée pour aller sur la lune, on n'arriverait pas à mettre au point un ordinateur champion d'échecs ou une machine à traduire parfaite ? N'oublions pas cependant que les programmes où sont inscrits les procédures à mettre en œuvre, sont créés par l'homme. C'est lui qui "informe" ! Quand un Chinois calcule avec dextérité à l'aide de son boulier, c'est lui qui pense et non le boulier. Inversement peut-on dire qu'un ordinateur connaît le chinois, quand il assemble des symboles selon certaines règles de telle sorte que le résultat soit compréhensible par des Chinois ? Il reste vrai que **la seule limite au pouvoir de l'ordinateur est la complexité du réel qui conduit à l'explosion combinatoire<sup>(37)</sup>.**

## LES MACHINES PENSENT-ELLES ?

Mais l'application des règles suffit-elle pour comprendre ? Des règles correctement appliquées peuvent-elles *engendrer du sens* ? Malgré la mise au point d'assistants, il est plus facile d'adapter un homme à une machine qu'une machine à l'homme : l'utilisateur doit, pour communiquer avec elle, appliquer rigoureusement les règles de syntaxe inscrites en elle. Sur ce point les ordinateurs n'ont pas les capacités des humains. En présence d'un texte mal écrit, avec de nombreuses fautes, l'homme comprend malgré tout le message qui lui a été adressé. La machine, jusqu'à ce jour, en est peu capable : **elle nous envoie un message d'erreur prédéfini**. Certes un correcteur d'orthographe remarque des permutations de lettres dans un mot et propose par exemple le mot "ordinateur" à la place d'*ordinatuer*. Il ne fait cependant pas la différence entre deux mots qui sont tous les deux dans le dictionnaire, comme "cours" avec un "s" et "court" avec un "t". L'expression "chêne de télévision" avec "ê" dans "chaîne" ne sera pas corrigée ! Le vérificateur grammatical peut de même relever des erreurs qui n'en sont pas. Il appartient à l'utilisateur, comme au citoyen, de faire le bon choix ! **Lui seul est capable de comprendre le sens des règles qu'il utilise.**

En effet qui interprète ? **Interpréter, c'est remplir des blancs**. Lorsque la machine ne "comprend" pas une situation, elle nous fait des propositions qui nous obligent à réfléchir, mais en elle-même, elle est incapable d'interprétation : elle ne comprend pas son utilisateur si ce dernier commet la moindre faute, ne serait-ce qu'en omettant un blanc ou en mettant deux blancs à la place d'un seul ! En ce sens **les ordinateurs sont stupides et ressemblent à des "idiots sociaux"**. Certes on a pu mettre au point des programmes capables d'explorer une situation selon des démarches aléatoires et des procédures inférentielles. On a pu inventer une tortue électronique évitant n'importe quel obstacle mis sur sa route. Cependant **cette exploration respecte toujours les règles inscrites dans la machine : celle-ci ne transgresse jamais !** Il est possible à un romancier d'imaginer que le constructeur d'un robot oublie son mode d'emploi et ne sache plus l'arrêter. Mais il est peu probable que les ordinateurs puissent un jour, comme les humains et sans leur secours, se tromper, se fâcher, se reproduire, et évoluer<sup>(38)</sup>. **Seul l'homme a le pouvoir d'interpréter.**

Ainsi le monde des ordinateurs ne connaît pas ses déviants. L'homme se trompe, mais grâce à son imagination, il interprète ou invente. Dans une découverte on distingue la phase d'incubation, l'illumination, et la mise en forme. En mathématiques cette dernière phase s'appelle vérification : c'est d'après Alain Connes la seule "tâche qui pourrait être confiée à un calculateur électronique qui vérifierait la logique du raisonnement"<sup>(39)</sup>. Encore faudrait-il que l'ordinateur soit programmé pour... Aussi ne sait-on de quoi il faut s'étonner le plus : que l'on ait pu attribuer de l'intelligence aux ordinateurs, ou que les hommes aient pu créer des machines si prodigieuses.

## LES MACHINES PENSENT-ELLES ?

### Pourquoi les ordinateurs paraissent-ils intelligents ?

Binet disait que l'intelligence était ce que mesurait son test ! Turing a proposé un test devant prouver dans quel cas une machine est intelligente : un système permet à un observateur de lire les échanges entre un homme et une machine sans voir ces derniers. L'un des deux cherche à tromper l'autre. **Si l'observateur ne peut distinguer l'homme de la machine, c'est qu'elle est intelligente.** Mais si le test était réussi, ce qui n'est pas encore le cas, la machine serait-elle intelligente ? Non, en raison d'une quadruple illusion <sup>(40)</sup>.

1) On ne se demande pas si une horloge est intelligente. Pourtant, une fois en marche, elle continue longtemps à fonctionner. L'autonomie de l'ordinateur est encore plus grande. *"Une fois programmé, il peut exécuter des suites complexes d'opérations sans intervention de l'homme"* <sup>(41)</sup>. Mais un moule à raisonnement est-il un raisonnement ? <sup>(42)</sup>. **Une apparence d'autonomie est-elle l'autonomie ?**

2) Une horloge, quoique complexe, est déterminée par un objectif clair. L'emploi de modules avec des objectifs propres, le travail en temps partagé, font que **la réponse de l'ordinateur est souvent le résultat de nombreuses demandes conflictuelles** et non d'un objectif unique. En cela il donne l'illusion de décider à la suite d'un "débat".

3) La plupart des mécanismes physiques comme les horloges ou les machines à calculer ne subissent pas de *changement de structure dans le temps*. A l'inverse, les systèmes informatiques sont capables de changer un ensemble organisé en un autre, tout différent ! **La plasticité donne l'illusion de la vie.**

4) L'activité d'un ordinateur, en raison de sa complexité et de sa plasticité, est souvent *"imprévisible"* <sup>(43)</sup>. Elle serait prévisible au niveau physique. Mais la simulation est d'un ordre de complexité qui la rend inutilisable comme mécanisme de prédiction. Ainsi dans l'interaction avec un tel système, **nous tendons à le traiter comme un organisme.** "L'effet de ces différences quantitatives est de créer un bond qualitatif apparent entre les propriétés "ordinaires" des machines à calculer et horloges et les qualités "pensantes" de l'ordinateur" <sup>(44)</sup>.

### En quoi réside l'intelligence de l'homme ?

L'intelligence peut être définie comme une capacité d'adaptation. Grâce à elle l'homme résout des problèmes dans des situations concrètes :

## LES MACHINES PENSENT-ELLES ?

or des programmes permettent à la machine de résoudre des problèmes. Pour cela, elle applique des algorithmes, mais, plus fréquemment, des procédures transférées de domaines particuliers de l'expérience humaine. Aussi oublie-t-on l'homme quand on parle de l'intelligence des ordinateurs. Celui-ci intervient à quatre moments :

**L'homme caractérise l'environnement de la tâche.** Celle-ci ne peut pas être décrite par des généralités telles que "diagnostiquer des maladies" ou "comprendre les articles du journal". Elle doit être *formulée avec précision* "en fonction de ce qui est jugé important et des propriétés à prendre en considération"<sup>(45)</sup>. **C'est l'homme qui choisit ce qui est essentiel dans un contexte donné.**

Il conçoit une représentation formelle. La description de l'environnement de la tâche nécessite une *représentation symbolique* formelle traduisant de manière explicite tout ce qui est significatif. L'une des activités de l'intelligence vise à concevoir des systèmes formels qui puissent "représenter convenablement des faits"<sup>(46)</sup>.

**Il traduit la représentation dans le système informatique.** Une représentation formelle est une abstraction. Pour l'utiliser, il faut la "*mettre en correspondance*" avec les structures disponibles de l'ordinateur à un "certain niveau". Il importe que "la formulation reste fidèle au système formel"<sup>(47)</sup>.

**Il met en œuvre une procédure de recherche.** Le programmeur conçoit une procédure "agissant sur les structures de représentation formelles afin de réaliser la tâche souhaitée"<sup>(48)</sup>. Cela peut être une procédure de recherche. Mais sa propriété essentielle est "*sa fidélité au système formel*", que ce soit un système de logique mathématique, de raisonnement par procédures, de logique floue, ou d'autres systèmes"<sup>(49)</sup>.

### L'homme et ses choix

Ainsi il faut surtout s'émerveiller de l'homme qui construit des machines si performantes ! C'est lui qui améliore sans cesse le travail des usagers. Bien que de conceptions différentes, toutes les automobiles ont aujourd'hui la même apparence : pour les conduire, il n'est plus besoin d'être mécanicien ; il suffit de connaître le code de la route, d'appliquer quelques instructions et de savoir où l'on veut aller. Il en sera bientôt de même pour l'utilisation d'un ordinateur<sup>(50)</sup>.

## LES MACHINES PENSENT-ELLES ?

### Les vrais pouvoirs de l'ordinateur

Nous pensons avoir démythifié l'ordinateur. Les outils prolongent la main de l'homme et sa puissance sur l'environnement. L'ordinateur prolonge son cerveau en lui permettant d'agir sur les autres outils. Déjà les livres d'une bibliothèque étaient le support de la mémoire et de la réflexion humaines. Une encyclopédie peut désormais se transcrire sur un seul CD-ROM<sup>(51)</sup>. De même une collection de tableaux, de symphonies, bref toute production culturelle. Bien plus, l'ordinateur permet non seulement de reproduire, mais de traiter et d'agir. Il facilite la construction de toutes sortes de modèles ; il nous fait entrer dans l'ère des simulations et rend l'imagination humaine opérationnelle. C'est pourquoi c'est *un prodigieux outil mental*.

Aussi ce n'est pas sa relative autonomie qui nous paraît dangereuse, mais plutôt l'aptitude des écrans à **couper l'homme de sa réalité d'homme : agissant sur l'espace et le temps du travail, les robots accélèrent l'histoire, rapetissent la planète et multiplient les connexions**. Entrons-nous de ce fait dans une ère de plus grande convivialité et de rapprochement des hommes, ou au contraire, manquerons-nous des réactions éthiques nécessaires devant les problèmes majeurs qui nous sont posés : restructuration du monde du travail, déséquilibres économiques, développement accéléré des sciences et des techniques, y compris en biologie, mais aussi reformulation permanente des droits de l'homme en face de ces mutations ? **Là sont les véritables défis de l'ordinateur.**

## NOTES

1. Que des publicitaires comparent l'ordinateur à un cerveau ne nous surprend pas. Mais que des savants tombent dans le piège de l'analogie nous étonne.
2. Titre d'un livre déjà ancien de Couffignal repris par Jacques Arsac, Le Seuil, 1987.
3. L'expression figure dans de nombreux titres et concerne un domaine de recherches en plein développement.
4. John Haugeland, L'esprit dans la machine, Fondements de l'intelligence artificielle, Editions Odile Jacob, Paris, 1989, traduit de l'américain par Jacqueline Henry, Cambridge, 1985.
5. Jean-Pierre Changeux et Alain Connes, Matière à pensée, Editions Odile Jacob, 1989.

## LES MACHINES PENSENT-ELLES ?

6. Une somme, une moyenne, un écart-type, etc...
7. L'ordinateur traite de même des graphiques, des images et des sons.
8. Le mot "ordinateur" est une traduction faite en 1955 du terme "computer". Le mot anglais vient du verbe "to compute" qui signifie "calculer". On remarquera la connotation différente des équivalents français et anglais.
9. Si on admet en suivant Changeux que les pensées constituent des objets mentaux, il faut reconnaître qu'il s'agit d'objets flous aux contours évanescents !
10. Les informaticiens abusent de l'anglicisme "digital" qui vient de "digit", dont l'étymologie évoque le calcul avec les doigts.
11. Un Allemand aurait inventé la machine à calculer peu de temps avant Pascal. Mais sa machine aurait été détruite dans un incendie. On raconte que l'auteur l'aurait supprimée pour des raisons religieuses, horrifié à la pensée qu'une machine pouvait effectuer des opérations de l'esprit humain.
12. C'est la mode des automates.
13. Sur cette discipline lire, Jean-Paul Haton et Marie-Christine Haton, *Que sais-je ?* PUF, 1989.
14. On trouve déjà dans des traités de médecine ou de divination mésopotamiens des séries ordonnées de préceptes du type "si... on observe tel signe, alors... il faut poser tel diagnostic". Voir Pierre Levy, *les technologies de l'intelligence*, La Découverte, 1990, p. 104.
15. Boole explique vers 1854 que l'on peut coder les démarches de la pensée à l'aide des trois propositions ET, OU, NON mises en pratique à l'aide de portes qui ne possèdent que deux états : zéro-un ; oui-non ; vrai-faux ; ouvert-fermé.
16. On a dit que l'informatique était la formalisation plus l'électronique.
17. Le megahertz est l'unité physique mesurant la fréquence d'une oscillation, c'est-à-dire la vitesse de fonctionnement d'un ordinateur. Or un megahertz correspond à un million de hertz ou d'oscillations par seconde. Aujourd'hui les ordinateurs domestiques tournent à plus de 25 megahertz.
18. En particulier les résultats obtenus par l'application des règles aux données primitives.
19. Comme les ordinateurs sont au service de projets divers, on peut se demander s'il existe une nouvelle science appelée "informatique", ou si les ordinateurs ne relèvent pas tout simplement d'une technologie. Pourtant cette science a été définie ainsi : "L'informatique est la science de l'organisation logique des ensembles de données et des machines qui en assurent le stockage, la transmission et la transformation". Cette définition a le mérite de ne pas séparer l'aspect formel de l'aspect matériel. Cf. Jean-Dominique Warnier, *L'homme face à l'intelligence artificielle*, Les éditions d'organisation, Paris, 1984.
20. John Haugeland, *L'esprit dans la machine*, Fondements de l'intelligence artificielle, Editions Odile Jacob. Paris, 1989, traduit de l'américain par Jacqueline Henry, Cambridge, 1985.
21. Pourquoi la machine peut-elle perdre aux échecs devant un joueur humain ? C'est que le nombre de coups possibles aux échecs est si élevé qu'on n'a

## LES MACHINES PENSENT-ELLES ?

pas encore mis au point une procédure de réussite infaillible. Des sélecteurs de coups logiques, quoique faillibles, peuvent quand même être automatisés. on parle alors d'une procédure de recherche ou heuristique : celle-ci est parfois suffisamment fiable pour permettre à un ordinateur de battre un bon joueur d'échecs !

22. C'est précisément l'idée de "jouabilité finie". Cf. John Haugeland, op. cit., p. 73.
23. Un ensemble ordonné de 8 signes 0 ou 1 permet de coder  $2^8 = 256$  signes élémentaires.
24. Le "code complet" selon la terminologie de Von Neumann.
25. Les "codes courts". Plus on se rapproche des langages naturels plus les codes sont faciles à manipuler.
20. Pourtant le nom des pièces évoque les armées de deux royaumes se disputant la suprématie.
27. Simuler une vraie guerre est autrement difficile que de jouer aux échecs ! Même dans les guerres il y a des règles à respecter, mais l'adversaire respecte-t-il toujours ces règles ? La simulation doit indiquer comment faire pour gagner effectivement. Dans notre exemple elle devrait prendre en compte même le non-respect des règles.
28. R John Haugeland, L'esprit dans la machine, Fondements de l'intelligence artificielle, Éditions Odile Jacob, 1989, traduit de l'américain par Jacques Henry, Cambridge, USA, 1985, p. 49. L'expression "Machine Electronique de Traitement des Données" que l'on utilise parfois et qui vient de l'anglais "electronic data processing machine", ne rend pas assez compte de l'aspect logique de l'ordinateur.
29. Les mathématiciens parlent d'isomorphisme entre les structures constituées par les différents codes.
30. La Recherche, N° 257, Septembre 1993, Hourya Sinaceur et Jean-Pierre Bourguignon, David Hilbert et les mathématiques du XX<sup>e</sup> siècle, p. 987 et 988 "L'une des ambitions de Hilbert : décrire et manipuler les infinis au moyen d'un nombre fini d'opérations et d'axiomes".
31. Au moins pour le moment.
32. Le bon sens est ce qu'il y a de plus difficile à traduire dans un langage formel. Dans chaque domaine les meilleurs experts ne sont pas toujours capables de représenter leur démarche abstraitement.
33. On a d'abord mis au point pour les profanes des langages simplifiés pour dialoguer avec la machine, le plus connu étant le DOS (Disk Operating System ou système d'exploitation de disques).
31. Les langages systèmes étant relativement hermétiques, on a vu fleurir des utilitaires les traduisant dans des expressions de la langue courante selon des procédures de choix multiples et grâce à des interfaces graphiques.
35. Les logiciels proprement dits ont chacun des fonctions précises : traiter des textes, effectuer des calculs, tracer des graphiques, remplir des tableaux, etc...
36. Cf. Mario Borillo, Informatique pour les sciences de l'homme, Pierre Mardaga Editeur, p. 33.
37. "Combinatoire dont l'expansion sature rapidement les machines les plus puissantes", Cf. Mario Borillo, Informatique pour les sciences de l'homme,

## LES MACHINES PENSENT-ELLES ?

Pierre Mardaga éditeur, p. 17.

38. Nous ne pouvons cependant pas fixer des limites *a priori* aux progrès de l'intelligence artificielle.
39. Alain Connes, op. cit., p. 112, 1989.
40. Terry Winograd Fernando Flores, L'intelligence artificielle en question P.U.F, Paris, 1989, traduit de l'américain par Jean-Louis Peytavin, 1986, p. 150 et suivantes ainsi que 163 et suivantes.
41. Terry Winograd..., op. cit., p. 150 et suivantes.
42. Comme le dit Blanché : "Un moule à raisonnement n'est pas un raisonnement pas plus qu'un moule à gâteau ne peut être mangé comme dessert".
41. Terry Winograd..., op. cit., p. 150 et suivantes.
44. Terry Winograd..., op. cit., p. 150 et suivantes.
45. Terry Winograd..., op. cit., p. 163 et suivantes.
46. Terry Winograd..., op. cit., p. 163 et suivantes.
47. Terry Winograd..., op. cit., p. 163 et suivantes.
48. On voit le caractère pratique des logiciels.
49. Terry Winograd..., op. cit., p. 163 et suivantes.
50. Au moment où l'on achète un ordinateur, des ingénieurs mettent au point un modèle plus performant qui sera vendu dans quelques mois à un prix peut-être moindre : cela s'explique par la concurrence entre fabricants, l'apparition de logiciels toujours plus gourmands en mémoire et l'engouement d'un certain public pour les nouveautés vantées par la publicité. Un ordinateur avec un disque dur de 20 Mega-octets de mémoire morte valait en 1991 15 000 francs. Le même avec 120 Mo, c'est-à-dire 6 fois plus de mémoire, valait, en 1993, 10 000 francs, soit les deux tiers seulement. La capacité de la mémoire passe dans notre exemple de 14 000 pages à 84 000 pages, soit de 20 à 120 romans de 700 pages. Le besoin en mémoire des nouveaux logiciels s'explique par l'emploi des interfaces graphiques, le travail multitâches et la communication multimédia ou en réseaux. Un logiciel aussi complet que le traitement de texte Word n'est utilisé en général qu'à moins de 40 % de ses ressources de même qu'un tableur comme lotus 123. Or ces applications n'exigent qu'une mémoire relativement réduite. Aussi, pris par la société de consommation, en arrive-t-on à acheter une Rolls pour faire ses emplettes chez l'épicier du coin. Comme chaque auteur de logiciel présente régulièrement des versions plus performantes, l'utilisateur est tenté par ces nouveaux produits qui, bien que plus complexes sont d'un maniement plus facile. En effet les progrès touchent aussi, heureusement, la facilité d'utilisation. C'est pourquoi appareils et logiciels paraissent vite obsolètes, alors qu'ils couvrent largement les besoins courants. Aussi avant de changer chaque année le modèle de sa Rolls, convient-il de déterminer ses besoins, traitement de texte, calculs, musique, documentation, échanges multimédia, et évidemment les moyens financiers dont on dispose.
51. "Compact Disk - Read Only Memory" : disque que l'on peut lire, mais qui n'autorise pas l'écriture.